



Recopilación de documentación histórica sobre ingeniería mecánica para el Proyecto Europeo thinkMOTION

J. Aginaga García⁽¹⁾, V. Petuya Arcocha⁽¹⁾, J.C. Pérez Cerdán⁽²⁾, O. Altuzarra Maestre⁽¹⁾, Ch. Pinto Cámara⁽¹⁾, A. Hernández Frías⁽¹⁾, M.A. Lorenzo Fernández⁽²⁾

*(1) Dpto. de Ingeniería Mecánica. Universidad del País Vasco
victor.petuya@ehu.es*

(2) Dpto. de Ingeniería Mecánica. Universidad de Salamanca

El proyecto thinkMOTION tiene como objetivo crear la mayor biblioteca digital de libre acceso del mundo centrándose en los desarrollos europeos en el campo de las máquinas y mecanismos. En el contexto de dicho proyecto, se está realizando una recopilación de documentación sobre invenciones relevantes de máquinas y mecanismos, sus inventores y publicaciones históricas como pueden ser libros antiguos y artículos en revistas. Una de las universidades participantes es la Universidad del País Vasco (UPV-EHU), que debe encargarse de la recopilación concerniente a máquinas y mecanismos en España y Portugal. En este artículo se expone una muestra del trabajo que se está realizando, mediante ejemplos de los diferentes tipos de documentación que ya está accesible en el portal digital www.dmg-lib.org.

1. INTRODUCCIÓN

El proyecto thinkMOTION (www.thinkmotion.eu), como parte de Europeana, tiene como objetivo crear la mayor biblioteca digital de libre acceso del mundo sobre contenidos en el campo de las máquinas y los mecanismos. Su objetivo es mantener y hacer accesible la herencia tecno-cultural y la evolución actual de máquinas y mecanismos a una amplia gama de grupos de usuarios europeos, como ingenieros, científicos, profesores y estudiantes. El material recogido es procesado y almacenado en una base de datos mediante una aplicación informática [1] y se presenta de inmediato en un portal multilingüe interactivo a través de Europeana. De este modo, se pretende realizar la primera publicación de tesoros olvidados en honor al genio creativo de innumerables inventores e ingenieros europeos, que han permitido el progreso técnico y nuestro alto nivel de vida. Es tiempo de aceptar que el patrimonio cultural europeo no sólo se define por las obras de arte o los ensayos filosóficos y religiosos, sino también por la evolución técnica.

En la base de datos se está introduciendo tanto documentación actual como pueden ser tesis doctorales o publicaciones en congresos o revistas, como documentación histórica sobre el desarrollo de la tecnología de máquinas y mecanismos o biografías de personalidades relevantes. También se incluyen modelos cinemáticos de mecanismos, que pueden incluir fotos, videos e incluso modelos interactivos.

Este artículo pretende dar difusión al trabajo realizado en el proyecto, mediante la exposición de los diferentes tipos de documentación generada. En primer lugar, se describe el portal digital en el que está alojada la documentación recopilada. Posteriormente, se muestran algunas personalidades históricas españolas que han tenido relevancia en el contexto de las máquinas y mecanismos. La sección no pretende ser un recorrido exhaustivo, sino una pequeña muestra del tipo de personalidades que se ha recopilado.

En la sección 4 se presentan ejemplos de documentos digitalizados y de las principales fuentes de documentación utilizadas. En ella destaca la digitalización de las actas de las primeras ediciones del Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica, de las que obviamente todavía no existía edición digital.

En el portal digital también se pueden introducir descripciones detalladas de mecanismos, de modo que alumnos u otro tipo de personas interesadas pueden entender su funcionamiento. La sección 5 de este artículo presenta la descripción de una colección de mecanismos antiguos recientemente restaurados en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Béjar, perteneciente a la Universidad de Salamanca. El trabajo de restauración y su posterior difusión a través del proyecto thinkMOTION se enmarca en los esfuerzos llevados a cabo por Ceccarelli y Koetsier [2] para promover, dentro de la IFToMM, el desarrollo y estudio de la historia de máquinas y mecanismos como parte de la Ciencia de Máquinas y Mecanismos.

2. EL PORTAL DIGITAL DMG-LIB

Toda la información recopilada va a parar a la página web www.dmg-lib.org. El aspecto de la portada dicha web puede verse en la Fig. 1.

Figura 1. Página principal del portal digital www.dmg-lib.org

En la Fig. 1 se pueden ver los diferentes tipos de documentación que alberga el portal digital. En la sección de Literatura se tienen actualmente 12.362 documentos, entre los que se tienen desde documentos históricos digitalizados hasta tesis doctorales recientes en el contexto de Ingeniería Mecánica. La sección Descripción de Mecanismos muestra más de mil mecanismos ordenados por categorías, entre los que se encuentran los mecanismos de Max Kohl que se describirán posteriormente en la sección 5. En la sección de Personajes, se tiene una relación de las personalidades más relevantes en el contexto de las máquinas y mecanismos, además de una cronología sobre máquinas y mecanismos a través del tiempo. Las Animaciones interactivas abarcan más de 600 modelos digitales interactivos de mecanismos, mediante los cuales puede analizarse su movimiento. Finalmente, el portal digital tiene recopiladas más de 13.000 imágenes, estando muchas de ellas enlazadas a otro tipo de documentación, como pueden ser artículos, libros o biografías.

En el marco europeo en el que se halla el proyecto, el portal digital se ha realizado de forma que sea multilingüe, de modo que la información está disponible en diferentes idiomas.

3. PERSONALIDADES HISTÓRICAS

Tal como se ha mencionado, uno de los objetivos del proyecto es elaborar un elenco de personalidades históricas relevantes en el contexto de la ingeniería mecánica. La Universidad del País Vasco (UPV-EHU) debe encargarse de recopilar información sobre los más notables ingenieros que han dado España y Portugal.

El aspecto que tendrán las biografías en el portal digital se muestra en la Fig. 2. El formato de la biografía está dividido en varias secciones de interés, que podrán estar o no completadas en función de la información disponible. Tal como se observa en la Fig. 2, la web proporciona información sobre su biografía, acontecimientos y fechas importantes, una o más fotos de su figura o de sus invenciones y literatura escrita por el biografiado o escrita por terceros sobre el mismo.

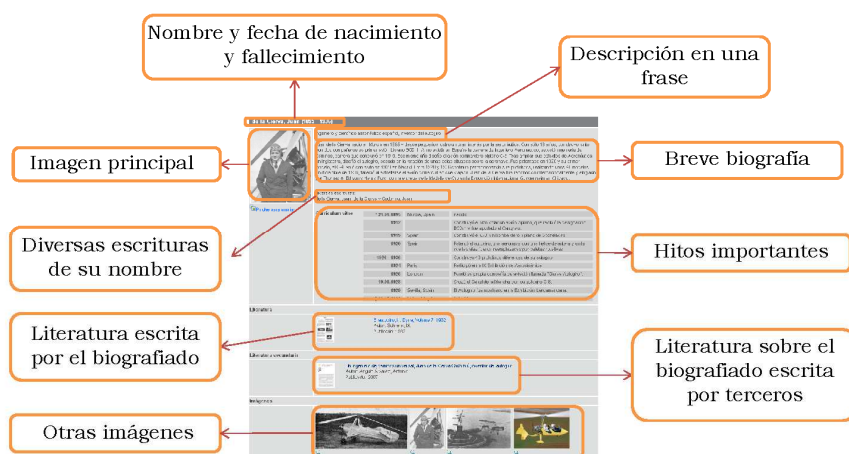


Figura 2. Ejemplo de biografía en www.dmg-lib.org

Una de las personalidades más antiguas incorporadas es Abbás Ibn Firnás (810-887). Se trata de un filósofo, poeta, científico e inventor nacido en Izn-Rand Onda, la actual Ronda, conocido por ser uno de los precursores de la aeronáutica. Entre sus contribuciones destacan una clepsidra (reloj de agua) que regaló a Muhámmad I, una esfera armilar y la introducción de la fabricación del cristal a Al-Andalus [3]. En el año 852, Abbás Ibn Firnas saltó desde una torre de Córdoba con una enorme lona para amortiguar la caída en su primer intento de volar. Sufrió heridas leves, pero su intento le valió para ser considerado como el creador del primer paracaídas. Varios años después, en 875 y con 65 años de edad, hizo su segundo intento. Un sastre le hizo un par de alas de madera cubiertas con tela de seda que fueron adornadas con plumas. El vuelo fue un éxito, ya que permaneció en el aire cierto tiempo y, planeando, recorrió cierta distancia. No obstante, el aterrizaje fue accidentado, ya que no había tenido en cuenta que las aves utilizan su cola al posarse, por lo que no la había fabricado [4].

También se ha introducido información relativa a personajes relevantes de la Edad Moderna, tales como Juanelo Turriano (1500-1585), inventor del célebre artificio para elevar agua desde el Tajo hasta el Alcázar de Toledo, Jerónimo de Ayanz y Beaumont (1553-1613), precursor de la máquina de vapor, o Bartolomeu de Gusmão (1685-1724), quien protagonizó la primera experiencia pública de un globo aerostático.

La industrialización del siglo XIX fue cuna de numerosos ingenieros, inventores y científicos. Uno de los más destacados fue el gallego Ramón Vereá Silvestre (1833-1899), inventor de la primera calculadora mecánica que realizaba multiplicaciones de forma directa en lugar de utilizar múltiples rondas de manivela. La oficina de patentes de EE.UU. le otorgó la patente el 10 de septiembre de 1878 [5], y ese mismo año ganó una medalla en la Exposición Mundial de Inventos de Cuba. No obstante, Vereá nunca trató de vender su calculadora, ya que sólo quería demostrar que un español podía realizar un avance tecnológico, reclamando

una mayor inversión en tecnología en España. La Fig. 3 muestra la primera página de su patente, así como un esquema de la misma.

UNITED STATES PATENT OFFICE.

RAMON VERA, OF NEW YORK, N. Y.

IMPROVEMENT IN CALCULATING-MACHINES.

Specification forming part of Letters Patent No. 207,918, filed September 10, 1878; application filed July 6, 1878.

To all whom it may concern:

Be it known that I, RAMON VERA, of the city, county, and State of New York, have invented a new and improved Calculating Machine, of which the following is a specification.

Figure 1 is a longitudinal section taken on line *x-x* in Fig. 2. Fig. 2 is a sectional plan view. Fig. 3 is a longitudinal section taken on line *y-y* in Fig. 2. Fig. 4 is an inverted plan view. Fig. 5 is a vertical transverse section taken on line *z-z* in Fig. 1. Fig. 6 is a vertical transverse section taken on line *z-z* in Fig. 1. Fig. 7 is a detail view of the adjusting mechanism. Fig. 8 is a detail view of the sliding table. Fig. 9 is a detail view of the adjusting mechanism. Fig. 10 is a table accompanying the machine. Figs. 11 and 12 are side and end views, respectively, of the vertically-moving frame. Fig. 13 is a plan view of the central or motor shaft and the levers for adjusting the slide which carries the pins. Fig. 14 is a cross section of the shaft on line *x-x*, Fig. 15.

Similar letters of reference indicate corresponding parts.

Referring to the drawing, A is the frame of the machine, which contains all of the working parts. For the purposes of this description I have called the end marked a the "front end of the machine," and the end marked b the "rear end."

In the front end of the frame A there are two ways *c*, in which is placed a sliding frame B, in which are journaled two hollow deagonal prisms, C C, whose shafts *c'* project through the upper bar of the frame, and are provided with pinions *p*, which are engaged by the teeth *q*, which are secured to the upper bar of the frame B. These pinions are engaged by racks *R*, formed on the edges of the plates *S*. These plates are both numbered from 0 to 9, the 0 being nearest the prisms C C.

A table, D, having slots *J*, is placed above the frame B, and secured to it, so as to confine the plates *S* to their places. Knobs *K* project from the plates *S* through the slots in the table D, and are provided with indicators *L*, Figs. 8 and 9, which move along scales *m* on the table D, at the side of the slots *J*. These scales are each numbered from 0 to 9.

There are holes *n*, Fig. 8, through the table

at the inner end of the slots *J*, through which the figures on the plates *S* may be seen.

In each face of each deagonal prism there are nine holes, *o*, disposed in two vertical rows. These holes are of different diameters, and the number does not vary in depth.

A slide, *H*, is placed upon vertical guides *p*, which are supported in the frame A by cross bars *g*. The slide *H* carries two rows of tapering pins, *r*, which, when the prisms C C are thrown backward by the movement of the frame B, enter the holes *o*, until they strike the bottom or adjust the holes, when the prisms are carried along with the prisms. By means of this device the operation of the gear parts of the machine are controlled.

The slide *H* is moved up or down, so as to bring the pins *r* opposite any of the holes *o* by means of the levers *I*, which are fulcrumed on the shaft *G* and connected with the slide by means of links *s*. The levers *I* extend to the extreme rear end of the machine, where they are connected together by a cross-bar, *t*. The shaft *G*, which is journaled near the middle of the frame, has, near each end, cams *u*, which engage links *v* on the frame *u'*, that extend rearwardly from the frame B.

A transverse frame *W*, is placed in vertical guides in the middle of the frame A, and is provided with four horizontal bars, *w*, *w'*, *w''*, *w'''*, in the forward end of each of which is attached a vertical bar, *w'*, which corresponds in position to one of the pins *r*.

The frame *W* is moved up and down alternately by two cams, *w'*. These cams are secured together, and are oppositely disposed in respect to each other. They are capable of sliding upon the shaft *G*, but are prevented from turning positively, either by feather on the shaft. These cams are shifted so as to bring either of them into engagement with an apertured plate, *P*, Figs. 3 and 11, secured to the frame *W* by means of two arms *x*, which project downward from a sliding bar, *x'*, that extends longitudinally through the frame *W*, and is supported by guides formed in the sides of the frame A. Two levers, Fig. 3, project from the edges of the opening in the plate *P*, and are engaged by one or the other of the cams *w'* when the frame *W* is raised or lowered.

The rear ends of the bars *w'*, *w''*, *w'''*, Fig. 1,

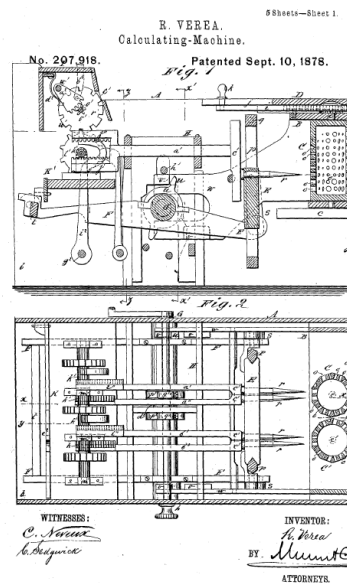


Figura 3. Ramón Vera Silvestre en www.dmg-lib.org

Otras personalidades destacadas de esta época y cuya biografía se encuentra accesible en el portal digital son, entre otros, Pablo de Alzola y Minondo (1841-1912), Narciso Monturiol y Estariol (1819-1885) e Isaac Peral y Caballero (1851-1895). A finales del siglo XIX y principios del XX destaca la figura del ingeniero cántabro Leonardo Torres Quevedo (1852-1936). Una de sus grandes invenciones fue el telekino, un autómatas que ejecutaba órdenes enviadas por telegrafía sin hilo, siendo pionero en el campo del control remoto. Otras de sus múltiples invenciones destacables son la máquina electromecánica para resolver ecuaciones algebraicas, un ajedrecista programado para resolver partidas de torre y rey contra rey, globos dirigibles o los transbordadores del Monte Ulía en San Sebastián y del Niágara [6].

A principios del siglo XX, destacan personalidades como Juan de la Cierva Codorniu (1895-1936) y Federico Cantero Villamil (1874-1946), promotores del vuelo con alas giratorias con sus invenciones. El primero inventó el autogiro, un híbrido entre avión y helicóptero (todavía sin inventar) basado en la rotación de unas palas situadas sobre la aeronave. Fue patentado en 1920 y su primer modelo, el C-4, voló con éxito en 1923 en Madrid.

Por su parte, Federico Cantero Villamil trabajó en la construcción del helicóptero. Tras algún que otro intento fallido, en 1935 comenzó la construcción de su helicóptero, la Libélula Viblandi, pero se retrasó debido a la Guerra Civil Española. En 1941, el helicóptero estaba listo para las pruebas de vuelo, pero finalmente se quedó en el olvido después de la prueba de vuelo con éxito llevada a cabo por Igor Sikorsky en 1939 [7].

El siglo XX también nos dejó dos personalidades importantes en el campo de la automoción: Wifredo Ricart (1897-1974) y Eduardo Barreiros (1919-1992). El primero fue un ingeniero que trabajó en las compañías Hispano-Suiza y Alfa Romeo, diseñando todo tipo de motores, desde motores destinados a la aviación hasta motores para coches de carreras. Posteriormente fundó ENASA, empresa dedicada a la fabricación de vehículos industriales cuya marca comercial era Pegaso. Por su parte, Eduardo Barreiros fue un mecánico y empresario que contribuyó significativamente a la mejora de los motores diesel. Comenzó adaptando motores gasolina a diesel para cubrir las necesidades de los vehículos que utilizaba en su empresa de obras públicas, pero más tarde fundó Barreiros Diesel S.A. construyendo sus propios vehículos diesel. Llegó a asociarse con Chrysler Corporation y fundó Barreiros Chrysler, aunque finalmente perdió el control de la sociedad en favor de Chrysler. La Fig. 4 muestra imágenes de algunos de sus vehículos.



Figura 4. Vehículos Barreiros, cortesía de la Fundación Barreiros

4. DIGITALIZACIÓN DE DOCUMENTOS HISTÓRICOS

El proyecto thinkMOTION también se ha encargado de la recopilación y digitalización de valiosos documentos históricos. Tal como se decía en la introducción, uno de los objetivos hacer accesible la herencia tecno-cultural y una de las principales fuentes de dicha herencia son precisamente los libros y volúmenes antiguos de revistas. Los documentos digitalizados pasan un proceso de limpieza antes de ser introducidos en la base de datos. En primer lugar, tras el escaneo, se realiza un proceso de limpieza de los mismos. Mediante el programa libre Scantailor, los archivos digitalizados se alinean, se centran y se les eliminan posibles manchas o marcas debidas a su antigüedad. El posible tono amarillento de sus páginas pasa a ser blanco y finalmente, mediante el programa de reconocimiento de texto ABBY FineReader, los escaneos pasan a ser ficheros pdf con texto seleccionable. De este modo, se pasa de tener unos archivos de imágenes escaneadas a archivos pdf similares a los generados de forma digital.

Un interesante libro que se ha digitalizado es *El Goniobarómetro* de Darío Bacas (1845-1913) [8]. Darío Bacas fue un ingeniero extremeño que pasó gran parte de su vida en Bilbao, siendo uno de los fundadores y el primer director de la Escuela de Ingenieros Industriales de Bilbao. El libro titulado *El Goniobarómetro* describe un dispositivo de idéntico nombre utilizado para medir el peso, basándose en una curiosa y no muy bien conocida propiedad de la cicloide. Dicho libro fue digitalizado y actualmente disponible en el portal digital. La Fig. 5 muestra la portada del *Goniobarómetro* antes del proceso de limpieza y tal como queda en el archivo pdf final.

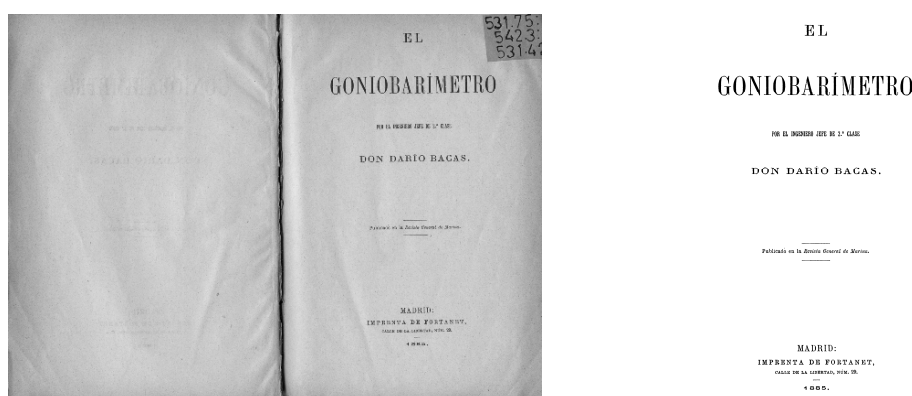


Figura 5. Portada de *El Goniobarómetro*, de Darío Bacas [8]

Otros libros destacados son la *Teoría y Cálculo de las Bombas Centrifugas* de José María de Madariaga, de 1903, *Teoría y cálculo de las máquinas de vapor y de gas con arreglo a la termodinámica* de Gumersindo Vicuña y Lazcano, de 1872, y *Ferro-carriles de vía ancha y de vía estrecha* del ya citado Pablo de Alzola y Minondo, de 1885.

Además de libros, también se ha trabajado con volúmenes antiguos de revistas. Se llegó a un acuerdo con la Asociación Española de Ingeniería Mecánica para la incorporación a la librería digital de los Anales de los Congresos Nacionales de Ingeniería Mecánica. Se ha iniciado un proceso de digitalización de dichos anales y se han digitalizado volúmenes

antiguos desde el primer congreso de 1982. El editor del primer número fue Emilio Bautista Paz, con Enrique Alarcón Álvarez, Luis Arizmendi Espuñez, Antonio Crespo Martínez, Manuel Muñoz Torralbo y Ángel M. Sánchez Pérez como editores asociados y Manuel Doblaré Castellano y Julio Fuentes Losa como secretarios de redacción. En las páginas interiores de los anales, se tienen artículos –ya digitalizados– escritos por ingenieros ilustres como Mariano Artés, Francisco Javier Castany, Justo Nieto y Marco Ceccarelli, también participante en el proyecto thinkMOTION. La portada de este primer número de los anales se muestra en la Fig. 6. Como resultado de este proceso, los anales digitalizados van a estar disponibles también en la página web de la AEIM.



Figura 6. Portada del primer número de los Anales de Ingeniería Mecánica

Otra fuente de documentos interesante es la revista DYNA Ingeniería e Industria. Se trata de una revista de carácter científico-técnico y está editada por la Federación de Asociaciones de Ingenieros Industriales de España. La revista fue concebida en el año 1924 por la Asociación de Ingenieros Industriales de Bilbao. Su primer número fue publicado en el mes de enero de 1926 con una tirada de 500 ejemplares, teniendo una acogida extraordinariamente favorable. Desde entonces, la revista se ha venido publicando ininterrumpidamente hasta la actualidad. Además, desde el año 2008 la revista está incluida en los índices JCR de la agencia Thomson-Reuters. En el contexto del proyecto, se ha comenzado con la digitalización de los volúmenes más antiguos de la revista, habiéndose digitalizado hasta este momento desde su primer número hasta la década de los 50. En sus páginas, se han hallado artículos sobre temas tan diversos como la caída del puente de Takoma, el autogiro de Juan de la Cierva o la celebración del centenario de la creación de la carrera de Ingeniero Industrial. También se han hallado numerosos artículos sobre motores de combustión y sobre ferrocarriles, con autores entre los que destaca Alejandro Goicochea Oriol, creador del TALGO.

5. DESCRIPCIÓN DE MECANISMOS

El proyecto thinkMOTION no trata sólo de recopilar documentos históricos relevantes, sino también de localizar máquinas y mecanismos e introducir sus descripciones en la base de datos. Los mecanismos pueden ser tanto prototipos actuales como máquinas antiguas aún en funcionamiento. Un interesante ejemplo del segundo caso son los mecanismo fabricados por Max Kohl que se hallan en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial (Béjar) de la Universidad de Salamanca. Se trata de una colección de 11 mecanismos cuya finalidad es fundamentalmente didáctica.

La compañía de Max Kohl fue fundada en 1876 como “Werkstätten für Präzisionsmechanik” (taller para mecánica de precisión) y fabricaban equipamiento para clases de Física y Química que vendían a diferentes centros educativos de todo el mundo. El taller se hallaba en Chemnitz, Alemania, y en ella se fabricaban todo tipo de dispositivos, desde aparatos para la mecánica general, tales como trenes de engranajes o el mecanismo biela-manivela, a la óptica o instrumentos electro-magnéticos, como prismas huecos, microscopios o el telégrafo Morse.

La Escuela de Béjar adquirió en los años veinte una colección de mecanismos y, en los últimos años, un grupo de profesores se ha encargado de restaurarlos. Los mecanismos han sido cuidadosamente desmontados con el fin de quitar el óxido de cada parte. Posteriormente se han vuelto a montar y luego han sido lubricados y barnizados. Gracias a este trabajo la restauración, los mecanismos ya están disponibles para ser utilizados en las prácticas de asignaturas relacionadas con la Teoría de Máquinas y Mecanismos, de modo que los estudiantes puedan comprender y asimilar mejor los conceptos.

En las Figs. 7, 8, 9 y 10 se muestran ejemplos de los mecanismos restaurados en la E. T. S. de Ingeniería Industrial de Béjar. En la parte izquierda de las figuras se muestra el mecanismo tal como se exponía en el catálogo de Max Kohl [9], la imagen central muestra el mecanismo restaurado en la Escuela de Béjar y en la imagen derecha se muestran las diferentes piezas que lo forman una vez restauradas. En [10] se muestra una lista completa de estos mecanismos y se presentan descripciones de los mismos de forma más detallada.

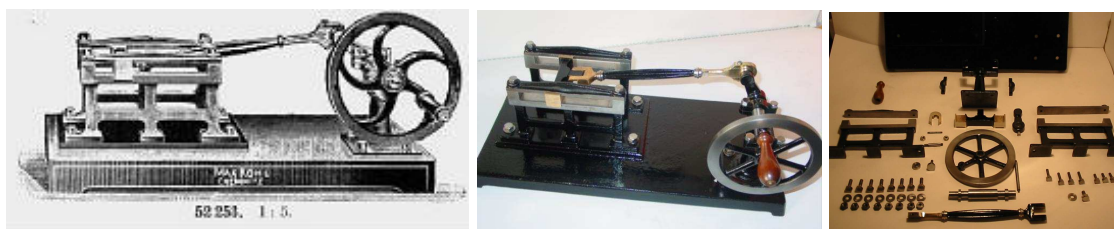


Figura 7. Mecanismo biela-manivela fabricado por Max Kohl



Figura 8. Tren de Engranajes Epiciclodial de Max Kohl



Figura 9. Junta Cardan fabricada por Max Kohl

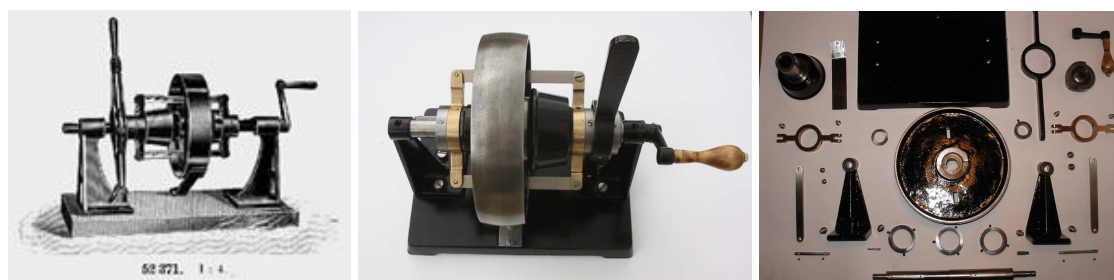


Figura 10. Embrague de Max Kohl

Los mecanismos mostrados y el resto de mecanismos restaurados se han introducido en la base de datos para hacerlos accesibles a los usuarios de internet. Para cargar la descripción del mecanismo en la base de datos, se ha creado una aplicación web llamada proDB [1]. Dicha aplicación pide al usuario información detallada sobre el mecanismo, como su funcionalidad, la estructura de su cadena cinemática, el número de elementos, movimiento de entrada, de salida, grados de libertad, etc. Para completar la información, también pueden ser incluidas fotografías, diagramas, vídeos o animaciones interactivas de los mecanismos.

6. CONCLUSIONES

Este trabajo presenta una descripción del trabajo que se está realizando en el proyecto europeo thinkMOTION. Se presentan los diversos tipos de documentación que está almacenando en el portal digital www.dmg-lib.org, mostrando algunos de los ejemplos más significativos. La investigación que se está realizando permite sacar a la luz descubrimientos de personalidades históricas que realizaron avances significativos en la ingeniería mecánica, así como dar difusión a tesoros mecánicos de cualquier universidad o centro de investigación, cuyo ejemplo más paradigmático hasta el momento son los mecanismos de Max Kohl recientemente restaurados en la Escuela de Ingeniería de Béjar.

Mediante este artículo se pretende dar difusión al proyecto thinkMOTION, de forma que se puedan incorporar nuevos e interesantes materiales al portal digital e invitar a otros grupos de investigación españoles a contribuir con sus materiales a dicho proyecto.

7. AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer el apoyo financiero recibido del Gobierno a través del Ministerio de Educación y Ciencia (Proyecto DPI2011-22955), de la Unión Europea (Proyecto FP7-CIP-ICTPSP-209-3) y del Gobierno Regional del País Vasco a través del Departamento de Educación, Universidades e Investigación (Proyecto IT445-10).

8. REFERENCIAS

- [1] U. Döring, T. Brix, M. Reefing, *Application of computational kinematics in the digital mechanism and gear library DMG-Lib*, Mechanism and Machine Theory, 41(8) (2006), 1003-1015.
- [2] M. Ceccarelli, T. Koetsier, *On the IFToMM permanent Commission for history of MMS*, Proceedings of International Symposium on History of Machines and Mechanisms, HMM2004, Ed. Kluwer, Dordrecht, Holland, (2004) 10-25.
- [3] M. Rius. *El sabio Total: Ibn Firnás*, Revista Jábega, 97 (2008), 9-13.
- [4] E. Terés. *Abbás Ibn Firnás*, Al-Andalus, 25:1 (1960), 239-249.
- [5] R. Vereá. *Improvement In Calculating-Machines*, US Patent No. 207.918 (1878).
- [6] L. Torres-Quevedo Torres-Quevedo, *Leonardo Torres Quevedo*, Ingeniería y Territorio, 79 (2007), 54-57.
- [7] I. Díaz de Aguilar Cantero, F. Suárez Caballero, *Federico Cantero Villamil. Entre la desmemoria y el revisionismo*, Ingeniería y Territorio, 79 (2007), 64-73.
- [8] D. Bacas, *El Goniobarómetro*, Imprenta de Fortanet, Madrid, (1885).
- [9] M. Kohl A. G. Chemnitz. *Price List No. 50, Vols II and III. Physical Apparatus*. Chemnitz (1911).
- [10] J. Aginaga, J.C. Pérez Cerdán, V. Hernández, V. Petuya, M. Lorenzo, O. Altuzarra, Ch. Pinto, A. Hernández. *Restoration and digital display of Max Kohl Mechanisms in the Engineering School of USAL*. 4th European Conference on Mechanism Science, EUCOMES 2012.